

Chemische Untersuchung der Luft für hygienische Zwecke.

Von

Dr. Breslauer,

Vorsteher des Städtisch-chemischen Untersuchungs-Amtes zu Brandenburg a. H.

Reine Luft, reines Trinkwasser, reiner Boden, auf dem wir unsere Wohnungen errichten, sind die wichtigsten Forderungen der heutigen Hygiene, sie erachtet die genannten drei Dinge als Fundament menschlichen Wohlergehens.

Nur in seltenen Fällen und bei ganz groben Verunreinigungen sind wir in der Lage, über die Güte und Brauchbarkeit von Wasser, Luft und Boden ein sofortiges richtiges Urteil zu fällen; die meisten und zum Teil die schädlichsten Verunreinigungen entziehen sich unseren Sinnen (Geruch, Geschmack u. s. w.) und nur durch schwierige, streng wissenschaftliche Untersuchungen, deren Ausbildung und Vervollkommnung die hervorragendsten Gelehrten zum Gegenstand ihres Studiums gemacht haben, sind wir imstande, ungehörige oder gar schädliche Beimengungen von den normalen Bestandteilen zu trennen und zu bestimmen.

Denselben Zwecken, welchen meine Abhandlung über Trinkwasseruntersuchung*) diente, soll auch die nachstehende Arbeit über die Untersuchung der Luft gewidmet sein.

Die Luft, die unseren Planeten umgebende gasförmige Hülle, spielt im Haushalte der Natur die wichtigste Rolle, denn sie ermöglicht vorzugsweise den Lebensprozefs der Menschen, Tiere und Pflanzen. Sie besteht vornehmlich aus Stickstoff und Sauerstoff, geringen Mengen Kohlensäure, wechselnden Mengen von Wasserdampf. Aufser diesen wesentlichen Bestandteilen finden sich häufig noch als lokale Verunreinigungen Ammoniak, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff,

---

*) Sonder-Abdruck der Deutschen Medizinal-Zeitung No. 34. Berlin, Eugen Grosser.

Schwefelwasserstoff, Chlor, schweflige Säure, Staub u. s. w. Im Mittel sind in 100 Teilen atmosphärischer Luft enthalten:

Stickstoff	77,933
Sauerstoff	20,930
Wassergas	0,840
Kohlensäure	0,297
	100,000

Obgleich für die meisten hygienischen Zwecke die Bestimmung der in der Luft enthaltenen Kohlensäure und des Wasserdampfes genügt, so will ich doch der Vollständigkeit halber auch die Untersuchungsmethoden einiger anderen wichtigen Stoffe, deren Bestimmung mitunter erforderlich ist, gleichfalls erörtern.

Bestimmung des Sauerstoffs und Stickstoffs der Luft.

Zum Sammeln der Luftprobe dient ein Fläschchen von 100 ccm Inhalt. Die Füllung mit der zu untersuchenden Luft geschieht in der Weise, dafs mit einem kleinen Blasebalg, an dessen Spitze ein bis auf den Boden des Fläschchens reichendes Glasrohr angesetzt ist, die in der Flasche enthaltende Luft durch die umgebende Luft verdrängt wird. Die Flasche wird nun mit einem Kautschukstopfen verschlossen, derselbe besitzt zwei Öffnungen, die in denselben befindlichen Glasröhren sind mit Gummischläuchen und Quetschhähnen versehen. Schliefslich ist noch der eine Gummischlauch mit einem Trichter, der andere mit einem langen mit gebogener Spitze versehenen Glasrohr verbunden.

Zur Analyse bedient man sich des Eudiometers (Fig. 1)*). Dasselbe ist ein ca. 0,8 m langes und 2 mm weites Glasrohr mit Millimeterskala. Das Füllen des Eudiometers mit Quecksilber geschieht mittelst eines mit Hahn versehenen Trichters (Fig. 2)*), der bis auf den Boden der Mafsröhre reicht. Das Quecksilber mufs vollständig luftblasenfrei einfliefsen. Ist die Luft feucht zu messen, so bringt man vor dem Füllen mittelst eines langen Glasstabes einen Tropfen Wasser auf den Boden des Eudiometers. Die gefüllte Röhre wird mit dem Daumen oder mit einer Glasplatte fest geschlossen, umge-

---

*) Zu beziehen von Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin C., Rosenthalerstrafse 40, geteilt in 250 300 500 700 800 mm, / pro Stück 3,50 4,00 5,00 6,00 6,50 M. ohne Teilung für 2—3 M. Fülltrichter mit Hahn, Inhalt 30 50 18 ccm / pr. St. 2,25 2,50 1 M., Stativ und Halter 5 M.

kehrt und darauf in der in Fig. 3*) dargestellten Lage in die mit Quecksilber gefüllte Quecksilberwanne gebracht. Um nun die auf oben beschriebene Weise erhaltene Luftprobe in das Eudiometer einzuführen, verfährt man folgendermafsen: Das eine mit dem Gummischlauch verbundene lange und gebogene Glasrohr der Füllungsflasche führt man in die Mündung des mit Quecksilber gefüllten Eudiometers und läfst, nachdem dies geschehen, durch den mit dem anderen Schlauch verbundenen Trichter Quecksilber einfliefsen; öffnet man nun die Quetschhähne, so verdrängt das einfliefsende Quecksilber ein entsprechendes Luftvolumen, das aus dem Glasrohr in einzelnen Blasen in das Eudiometer aufsteigt, bis dieses zu zwei Drittel gefüllt ist.

Fig. 1. Fig. 2.

In die so über Quecksilber abgesperrte Luft führt man durch das Quecksilber hindurch eine an einem Platindrahte befestigte Kugel von Ätzkali. Durch das Ätzkali wird die Kohlensäure und der Wasserdampf absorbirt. Die nun trockene und kohlensäurefreie Luft wird dann gemessen.

Fig. 3.

*) Quecksilberwanne von Eisen, 37 cm lang, 10 cm breit, mit Spiegelglaswänden und verstellbarem vernickeltem Halter für Eudiometer liefert Robert Müncke in Berlin NW für 22,50 M.

Hierbei nehme ich Gelegenheit, das Wichtigste über das Messen der Gase mitzuteilen:

Das Volumen der Gase ist von dem Drucke, der Temperatur und der in ihnen enthaltenen Feuchtigkeit abhängig.

Zum Zwecke gemeinverständlicher Resultate ist man übereingekommen, sämtliche Beobachtungen beim Messen der Gase auf die Temperatur 0° C. (Normaltemperatur) und 760 mm Barometerstand (Normalbarometerstand) unter Berücksichtigung des Feuchtigkeitszustandes zu reduziren. Man erhält so das Normalvolumen eines Gases.

Nach dem Gesetze von Mariotte verhält sich das Volumen eines Gases umgekehrt wie der Druck, dem es ausgesetzt ist, es ist also, wenn

Vo das gesuchte Volumen des Gases bei 760 mm,
V das Volumen des Gases beim Barometerstande B,
B den bei der Ablesung herrschenden Barometerstand

bezeichnet,

$$Vo = \frac{V \, . \, B}{760}.$$

Die Ausdehnung eines Gases durch die Wärme beträgt für je 1° C. $^1/_{273} = 0{,}003\,665$ des Volumens, welches es bei 0° C. einnimmt, also 1 Volumen Gas von 0° C. wird bei t° C. zu $1 + 0{,}003\,665 \, . \, t$ Volumen. Wenn also

Vo das Volumen des Gases bei Normaltemperatur,
V das Volumen des Gases bei der Temperatur t,
t der Temperaturgrad, bei welchem die Messung vorgenommen wurde,

bezeichnet, so ist

$$Vo = V \, . \, \frac{273}{273 + t} \text{ oder } = \frac{V \, . \, 273}{273 + t}$$

und unter Berücksichtigung des Druckes

$$Vo = \frac{V \, . \, 273 \, . \, B}{(273 + t) \, . \, 760} \text{ oder } = \frac{V \, . \, B}{(1 + 0{,}003\,665 \, . \, t) \, . \, 760}$$

z. B. 50 ccm Gas bei 750 mm B und 15° C. gemessen, ? das Normalvolumen (760 mm B und 0° C.)

$$\frac{50 \, . \, 273 \, . \, 750.}{(273 + 15) \, . \, 760} = 55{,}909 \text{ ccm.}$$

Ist jedoch der äufsere und innere Luftdruck nicht gleich, steht z. B. die Sperrflüssigkeit in dem Gefäfse höher als aufserhalb desselben, so mufs die Differenz (Niveauunterschied) festgestellt und vom Barometerstande abgezogen werden; ist z. B. der Niveauunterschied d = 55 mm und der Barometer-

stand 756 mm, so befindet sich das Gas in der Röhre unter dem Drucke von 756 mm — 55 mm = 701 mm.

Es ist für B zu setzen B—d.

$$V_0 = \frac{V \cdot 273 \cdot (B - d)}{(273 + t) \cdot 760}.$$

Wird das Gas feucht über Quecksilber gemessen, so wird das Gasvolumen durch die Feuchtigkeit (infolge Bildung von Wasserdampf) vergröſsert, da die Spannkraft der Wasserdämpfe dem Atmosphärendruck entgegenwirkt.

„„In einem mit Feuchtigkeit gesättigtem Gase ist die Spannung des trockenen Gases gleich dem Atmosphärendruck, weniger der Spannung des bei dieser Temperatur herrschenden Dampfdruckes.““

Bei der Korrektion hat man also den Betrag der Tension des Wasserdampfes bei der stattfindenden Temperatur von dem jeweiligen Barometerstande abzuziehen. Es ist für B zu setzen B—f.

Für die Spannkraft des bei verschiedenen Temperaturen gesättigten Wasserdampfes haben Regnault und Magnus nachstehende Tabelle aufgestellt:

Temperatur °C.	Tension mm	Temperatur °C.	Tension mm	Temperatur °C.	Tension mm
0	4,600	12	10,457	24	22,184
1	4,940	13	11,162	25	23,550
2	5,302	14	11,908	26	24,988
3	5,687	15	12,699	27	26,505
4	6,097	16	13,536	28	28,101
5	6,534	17	14,421	29	29,782
6	6,998	18	15,357	30	31,548
7	7,492	19	16,346	31	33,405
8	8,017	20	17,391	32	35,359
9	8,574	21	18,495	33	37,410
10	9,165	22	19,659	34	39,565
11	9,792	23	20,888		

Hat man also den Niveauunterschied (d) und die Tension des Wasserdampfes (f) in die Formel mit aufzunehmen, so wird dieselbe folgendermaſsen:

$$V_0 = \frac{V \cdot 273 \cdot (B - d - f)}{(273 + t) \cdot 760}$$

oder

$$V_0 = \frac{V \cdot B - d - f}{(1 + 0{,}003665 \cdot t) \cdot 760}$$

Will man aus einem gemessenen Volumen Gas das Gewicht desselben ermitteln, so multiplizirt man das Volumen (in Liter oder Kubikcentimeter ausgedrückt) mit dem Gewichte von 1 l oder 1 ccm des Gases. Das Gewicht von 1 l Sauerstoff beträgt bei Normaldruck und Normaltemperatur 1,4298 grm.

In nachstehender Tabelle finden sich noch die Gewichte einiger anderen wichtigen Gase verzeichnet:

1 l Wasserstoff	wiegt	bei	760 mm	B u. 0° C.	= 0,08958	grm
1 l Stickstoff	„	„	„	„	= 1,256	„
1 l Chlor	„	„	„	„	= 3,18	„
1 l Brom	„	„	„	„	= 7,16	„
1 l Chlorwasserstoff	„	„	„	„	= 1,635	„
1 l Ammoniak	„	„	„	„	= 0,761	„
1 l Kohlenoxyd	„	„	„	„	= 1,254	„
1 l Kohlensäure	„	„	„	„	= 1,9774	„
1 l Schwefelwasserstoff	„	„	„	„	= 1,523	„
1 l Grubengas-Methan	„	„	„	„	= 0,716	„
1 l Luft	„	„	„	„	= 1,2932	„
1 l Wasserdampf	„	„	„	„	= 0,806	„

Sind nun sämtliche Ablesungen erfolgt, so führt man eine an einem Platindrahte befestigte Kugel von Papiermaché, die mit einer konzentrirten alkalischen Lösung der Pyrogallussäure durchtränkt ist, in die über Quecksilber abgesperrte trockene und kohlensäurefreie Luft, wodurch ein grofser Teil des Sauerstoffs absorbirt wird. Um den Rest des Sauerstoffs zu absorbiren, wiederholt man die Probe mit einer zweiten Kugel.

Hierauf wird das Volumen des zurückbleibenden Stickstoffs, das nach obigen Formeln zu reduziren ist, gemessen. Das fehlende Volumen ist Sauerstoff und wird als solcher in Rechnung gezogen.

Die von berühmten Chemikern an den verschiedensten Punkten der Erde angestellten Untersuchungen haben ergeben, dafs der Sauerstoffgehalt der Luft zwischen 20,9 bis 21 Vol.-Prozent schwankt.

So fand Regnault[1]) für den Sauerstoff der Luft folgende Werte:

100 Proben	von	Paris	20,92	bis	20,96 Vol.-Proz.
9 „	„	Lyon und Montpellier	20,91	„	21,00 „
10 „	„	Madrid	20,92	„	20,98 „

---

[1]) Ann. Chem. Pharm. 84, 207.

23 Proben von	Genf, Mont Salève und Mont Buet . .	20,91 bis 20,99	Vol.-Proz.
15 „ „	der Rhede v. Toulon, vom Mittelländischen Meer und vom Hafen von Algier . . .	20,91 „ 20,98	„
5 „ auf	der Fahrt nach Veracruz gesammelt . .	20,92 „ 20,96	„
2 „ vom	Gipfel des Pichincha	20,95 „ 20,99	„
8 „ von	der Südsee . . .	20,90 „ 20,97	„
17 „ vom	Polarmeer	20,85 „ 20,94	„

Lewy[2]) fand den Sauerstoffgehalt der Luft in Paris zu 21 Vol.-Proz., in Havre 20,89, auf dem Atlantischen Ozean 20,96 bis 21,05. Ferner fand man in der Luft zu Bogota[3]) 2645 m hoch 20,99 bis 21,03. Green[4]) in Everge fing bei einer Luftfahrt 11000 Fuſs hoch Luft auf, dieselbe enthielt 21,0 Vol. Sauerstoff. Walther Hempel[5]) fand den Sauerstoffgehalt im Mittel zu 20,93 %, der Verfasser in der Luft von Brandenburg a. H. im Mittel von 20 Proben 20,934 %.

Anmerkung: U. Kreusler in Poppelsdorf bestimmte den Sauerstoffgehalt der Luft mit einem verbesserten Jolly'schen Apparate, er fand im Mittel von einer groſsen Anzahl von Sauerstoffbestimmungen 20,911 % (Landwirthschaftl. Jahrb. Bd. XIV. S. 365).

Ozon.

Auſser dem gewöhnlichen Sauerstoff findet sich in der atmosphärischen Luft in Spuren das Ozon (O_3) vor.

Zum qualitativen Nachweis des Ozons bedient man sich Streifen von weiſsem Flieſspapier, welche man in mit Jodkaliumlösung versetzten dünnen Stärkekleister getaucht hat. Bei Gegenwart von Ozon färbt sich das Papier blau. Aus der Schnelligkeit und Intensität der Färbung sucht man annähernd die Ozonmenge zu bestimmen und bedient sich zum Vergleiche einer Farbenskala.

Nach Houzeau[6]) ist der Ozongehalt der Luft im Mai und Juni am höchsten, im Sommer und Herbst etwas geringer und im Winter von mittlerer Menge.

---

[2]) Compt. rend. 31 p. 725, 33 p. 345. Jahresbericht von Liebig und Kopp 1851, S. 328.

[3]) N. Handwörterbuch der Chemie Bd. I, S. 856.

[4]) ibid.

[5]) Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, 18. Jahrg. No. 11, 1800.

[6]) Compt. rend. 60 p. 788, 62 p. 426.

Nach Böckel[7]) ist im Mai die Luft am ozonreichsten, im November am ozonärmsten.

In Zimmerluft ist Ozon nicht nachzuweisen, da die hier vorhandenen organischen Stoffe dasselbe zerstören.

Ebenso wie Ozon ist auch in der Atmosphäre Wasserstoffsuperoxyd (H_2O_2) als normaler Bestandteil nachgewiesen.

Bislang wurden dem Ozon bedeutende sanitäre Einflüsse zugeschrieben. Der Beweis ist jedoch von keiner Seite erbracht worden.

Bestimmung der Kohlensäure in der Luft.

Zur Bestimmung der Kohlensäure bedient man sich der Pettenkofer'schen Methode oder, wo es auf allzugroſse Genauigkeit nicht ankommt, des minimetrischen Apparates von Lunge. Der letztere Apparat eignet sich namentlich zu raschen Untersuchungen des Kohlensäuregehaltes der Luft in Wohn-, Schul- und Gefängnisräumen.

a) Die Pettenkofer'sche Methode.

Diese Methode beruht darauf, daſs einem bekannten Volumen Luft eine gemessene Menge titrirtes Barytwasser zugesetzt wird. Das Barytwasser absorbirt die Kohlensäure, der Überschuſs von Barytwasser wird mit Oxalsäure zurücktitrirt.

Zum Abmessen der Luft bedient man sich einer Flasche von ca. 6 l Inhalt. Das Volumen derselben bestimmt man durch Ausmessen oder Wägen und notirt dasselbe auf die Flaschenwandung.

Die Flasche füllt man nun mit der zu untersuchenden Luft mit Hilfe eines Blasebalges, an dessen Spitze mittelst eines Schlauches ein bis auf den Boden der Flasche reichendes Glasrohr angebracht ist. Ist etwa das Fünffache des Flascheninhaltes eingeblasen, so läſst man 100 ccm titrirtes Barytwasser[8]) ein und schlieſst sofort luftdicht die Flasche. Man notirt hierauf Temperatur und Barometerstand. Unter öfterem Umschütteln läſst man die verschlossene Flasche ca. 1/2 Stunde stehen. Hat sich nun der gebildete kohlensaure Baryt abgesetzt, so wird ein Teil der überstehenden klaren Flüssigkeit, z. B. 20 ccm, abgehoben und mit Oxalsäure zurücktitrirt.

---

[7]) Ann. chym. phys. [3] 6 p. 235.

[8]) Die Barytlösung stellt man dar durch Auflösen von 7 grm krystallisirtes Barythydrat in 1 l destill. Wasser. Die Oxalsäurelösung wird durch Auflösung von 2,8636 grm krystallisirter Oxalsäure in 1 l destill. Wasser. 1 ccm der Oxalsäure entspricht 1 mgrm Kohlensäure.

Als Indikator dient Rosolsäure, mit der die Barytflüssigkeit rot gefärbt worden ist. Aus einer Bürette läfst man so lange Oxalsäurelösung zufliefsen, bis die rote Farbe verschwindet. Man notirt nun die verbrauchte Menge Oxalsäure und berechnet daraus den in der Flaschenluft enthaltenen Kohlensäuregehalt.

Nach den Titerstellungen der Lösungen wissen wir, wie viel Kubikcentimeter Oxalsäurelösung zur Neutralisation von 100 ccm Barytwasser erforderlich sind. Die zum Versuch abgehobenen 20 ccm Barythydratlösung, von denen ein Teil durch Absorption der Kohlensäure in Baryumcarbonat umgebildet sind, werden zur Neutralisation des überschüssigen Barytwassers weniger Kubikcentimeter titrirter Oxalsäurelösung erfordern, als zur Neutralisation der ursprünglichen 20 ccm Barytwasser. Multiplizirt man nun die gefundene Zahl mit 5 und zieht sie von 100 ab, so erfährt man, wie viel Kubikcentimeter CO_2 in dem Luftvolumen der Flasche minus 100 ccm[9]) enthalten waren.

Beispiel:

Es seien zur Neutralisation von 20 ccm der ursprünglichen Barytlösung 20 ccm Oxalsäurelösung erforderlich gewesen. Zur Neutralisation der vom kohlensauren Baryt abgehobenen 20 ccm Barytwasser seien 18,2 ccm Oxalsäurelösung erforderlich gewesen. Es beträgt daher pro 20 ccm Barytlösung die Differenz 1,8 ccm, also pro 100 ccm Barytlösung, die zur Absorption der CO_2 verwandt wurden, 5 mal 1,8 ccm = 9 ccm.

1 ccm Oxalsäurelösung = 0,001 grm Kohlensäure (CO_2)
9 „ „ = 0,009 „ „

Es folgt nun die weitere Berechnung:

Der Inhalt der Flasche betrug z. B. 5950 ccm; davon sind 100 ccm durch Zusatz von 100 ccm Barytwasser verdrängt, es bleiben also nur noch 5850 ccm Luft, die zur Untersuchung gelangten. Sie wurden bei 756 mm Barometerstand und 16° C. gemessen und sind daher auf den Normalbarometerstand von 760 mm und die Normaltemperatur 0° C. zu reduziren.

---

[9]) Die 100 ccm eingebrachte Barytlösung sind in Abzug zu bringen von dem ursprünglichen Luftvolumen. Angenommen, man habe 6090 ccm Luft eingefüllt, so mufs die durch die eingebrachte Barytlösung (100 ccm) verdrängte Luft in Abzug gebracht werden, es werden also nur 5990 ccm Luft in Rechnung gebracht.

$$Vo = \frac{V . B}{(1 + 0{,}00366 . t) . 760}$$

$$Vo = \frac{5850 . 756}{(1 + 0{,}00366 . 16) . 760} = 5497 \text{ ccm Luft.}$$

Es enthalten also 5497 ccm Luft von 0° C. u. 760 mm B 0,009 grm CO_2.

b) Die minimetrische Methode.

Handelt es sich, wie schon erwähnt, in kürzester Zeit den Kohlensäuregehalt der Luft eines Zimmers zu ermitteln und ist hierbei eine grofse Genauigkeit nicht erforderlich, so bedient man sich am besten der minimetrischen Methode, die darauf beruht, dafs Kohlensäure in Kalk- oder Barytwasser einen Niederschlag von Calcium- oder Baryumcarbonat hervorbringt, infolgedessen Trübung der vorher klaren Lösung eintritt, diese Trübung wird erst dann bemerkbar, wenn sie einen gewissen Grad erreicht hat. Bei reichlichen Mengen Kohlensäuregehalt wird zum Hervorbringen der Trübung einer bestimmten Menge Barytwasser weniger Luft erforderlich sein, als bei geringem Kohlensäuregehalt.

Der Apparat (Fig. 4) besteht aus einem mit doppelt durchbohrtem Korke verschlossenen Fläschchen von ca. 50 ccm Inhalt. Durch die eine Bohrung geht ein beinahe bis auf den Boden der Flasche reichendes Glasrohr, dessen oberes Ende mit einem Stückchen Gummischlauch versehen ist. In der anderen Öffnung befindet sich ein knieförmig gebogenes Glasrohr, an dem ein ca. 20—30 cm langer Gummischlauch, der wiederum mit dem Mundstück einer etwas über 28 ccm haltenden Kautschukspritze in Verbindung steht, angebracht ist. Als Ventil dient ein in dem Gummischlauch in der Längsrichtung gemachter ca. 10 mm langer Einschnitt. Beim Verdichten der Luft innerhalb des Schlauches öffnet sich der Spalt und läfst die Luft austreten, im umgekehrten Falle kann keine Luft eintreten, weil die Schnittflächen des Spaltes dicht aneinander schliefsen.

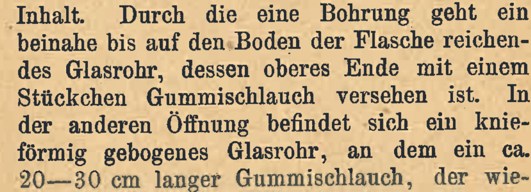




Fig. 4.

Die Untersuchung geschieht nun folgendermafsen:

In das zur Aufnahme der Luft dienende Fläschchen bringt man 7 ccm klare Ätzbarytlösung (6 grm Ätzbaryt auf

1 l Wasser), verschliefst dasselbe und schüttelt tüchtig um. Nun prefst man das Saugrohr *a* mit den Fingern zu, während man gleichzeitig die Kautschukspritze zusammendrückt. Die Luft entweicht durch das Spaltenventil. Hebt man nun den Druck auf Saugrohr und Kautschukspritze auf, so füllt sich der Ballon wieder, aber die einströmende Luft kann nur durch das Saugrohr *a* eintreten und mufs durch das Barytwasser streichen. Nachdem man tüchtig umgeschüttelt, wiederholt man die Spritzenfüllung so lange, bis deutliche Trübung der Barytflüssigkeit erfolgt. Als Merkmal für die eingetretene Trübung dient nach Lunge ein an der Seitenwand der Flasche befestigtes Papier, auf dem mit Bleistift ein Kreuz gezeichnet ist. Läfst sich dieses Kreuz nicht mehr erkennen, so ist die Endreaktion eingetreten.

Zu den zu einem Versuche erforderlich gewesenen Spritzfüllungen zählt man 2 zu, da der ursprüngliche Inhalt der Flasche ungefähr 2 Füllungen repräsentirt. Nach der von Lunge aufgestellten Tabelle kann der Gehalt der Luft an Kohlensäure aus der Anzahl der Spritzfüllungen leicht bestimmt werden.

Füllungen der Spritze	Volumina Kohlensäure in 10000 Vol. Luft	Füllungen der Spritze	Volumina Kohlensäure in 10000 Vol. Luft
4	22,0	12	7,4
5	17,6	13	6,8
6	14,8	14	6,3
7	12,6	15	5,8
8	11,0	16	5,4
9	9,8	17	5,1
10	8,8	18	4,9
11	8,0		

Beispiel:

Zum Eintreten der Trübung waren erforderlich 5 Füllungen
Ursprünglicher Inhalt der Flasche . . . . 2 „
7 Füllungen.

In 10 000 Vol. der untersuchten Luft sind 12,6 Vol. CO_2 oder in 100 Vol. Luft 0,126 Vol.-Proz. Kohlensäure enthalten.

Nach Pettenkofer ist jede Luft in Wohnräumen für schlecht und zum Atmen untauglich zu erklären, die mehr als 0,1 Vol.-Proz. Kohlensäure enthält.

Eine gute Zimmerluft darf nicht mehr als 0,08 Vol.-Proz. Kohlensäure enthalten. In einer 2,5 Vol.-Proz. CO_2 enthaltenden Luft erlischt ein in diese Luft gebrachtes Licht und bei 3 Vol.-Proz. CO_2-Gehalt ist die Luft absolut erstickend.

Pettenkofer hat nachgewiesen, dafs die schädlichen Einwirkungen der Luft eines bewohnten Raumes, der mehr als 0,1 Vol.-Proz. CO_2 besitzt, nicht etwa allein der Kohlensäure zuzuschreiben ist, sondern einer ganzen Reihe Ausatmungsprodukte, die vor allem nachteilig auf die Gesundheit einwirken. Da aber diese Stoffe stets mit der ausgeatmeten Kohlensäure auftreten, so beurteilt man die Güte resp. Brauchbarkeit der Luft nach ihrem Kohlensäuregehalte, wobei man selbstverständlich die erwähnten Stoffe dazu rechnet.

Pettenkofer[10]) untersuchte die Luft verschiedener Räume und fand in 10 000 Vol. folgende Mengen Kohlensäure:

Guter Wohnraum	5—9	Vol.
4 m hohes stark bewohntes Zimmer .	22,4	„
Gedrängtes volles Auditorium . . .	32,0	„
Münchner Kneipzimmer	49,0	„
Gefülltes Schulzimmer	72,0	„

Verfasser hatte vor kurzem im Auftrage der Behörde die Luft eines Schulzimmers auf ihre hygienische Beschaffenheit zu prüfen und erhielt dabei nachstehendes Resultat:

Der kubische Luftraum des Zimmers betrug 67,75 cbm.

Vor dem Unterricht 10½ Uhr Vorm.

Temperatur 19° C. 0,370 ‰ Kohlensäure.

Während des Unterrichts 11½ Uhr Vorm.

Temperatur 25° C. 1,760 ‰ Kohlensäure.

Während des Unterrichts ca. 12 Uhr Vorm.

Temperatur 25° C. 2,200 ‰ Kohlensäure.

Die Zahl der Schüler in der Klasse betrug 81, während nur für cirka 15 Schüler der erforderliche Luftraum vorhanden war.

Nach Pettenkofer und Voit[11]) nahm ein Erwachsener in der Ruhe 708,9 grm Sauerstoff auf und produzirte 911,5 grm Kohlensäure, oder nahe 500 l Sauerstoff auf ca. 465 l Kohlensäure, beim Arbeiten nahm er 954,5 grm Sauerstoff auf und produzirte 1284,2 grm Kohlensäure, also nahe 670 l Sauerstoff

---

[10]) Jahresber. d. Chem. 1858, 106.

[11]) Ann. Chem. u. Ph. 141, S. 299. Handw. d. Chem. 1871, S. 871.

auf 652 l Kohlensäure. Wichtig hierbei ist das Ergebnis, dafs die Aufnahme von Sauerstoff und die Produktion von Kohlensäure (und Wasser) sich nach der Tageszeit verschieden zeigt, dafs die Sauerstoffaufnahme nachts stärker als tags, die Kohlensäureausscheidung tags stärker als nachts ist, wie nachstehende Zahlen zeigen:

Tageszeit	Ruhetag			Arbeitstag		
	Ausgeschiedene Kohlensäure grm	Ausgeschiedenes Wasser grm	Aufgenommener Sauerstoff grm	Ausgeschiedene Kohlensäure grm	Ausgeschiedenes Wasser grm	Aufgenommener Sauerstoff grm
Tag	532,9	344,4	234,6	884,6	1094,8	294,8
Nacht	378,6	483,6	474,3	399,6	947,3	659,7
	911,5	828,0	708,9	1284,2	2042,1	954,5

Scharling[12]) hat folgende Beobachtungen angestellt:

	Alter Jahre	Körpergewicht kg	Stündliche Kohlensäure-Abgabe l
Knabe	$9^3/_4$	22,00	10,3
Mädchen	10	23,00	9,7
Jüngling	16	57,75	17,4
Jungfrau	17	55,75	12,9
Mann	28	82,00	18,6
Frau	35	65,50	17,0

Simber[13]) fand im Schlafraum einer Kaserne zu Muri in 10 000 Vol. Luft

nachmittags 3—6 Uhr 5,38 Vol. CO_2
morgens 6—8 „ 39,09 „ „

Wie sehr die künstliche Beleuchtung in den Wohnräumen zur Verunreinigung der Zimmerluft beiträgt, erhellt aus folgendem:

Erismann[14]) fand bei Petroleum-, Leuchtgas-, Rüböl- und Kerzenbeleuchtung per 10 000 Volumen Luft folgendes Resultat:

[12]) Wiel, Hygiene 1878, S. 360.
[13]) Die landwirtsch. Versuchsstationen 14, 246.
[14]) Zeitschr. f. Biol. 1876, S. 315. König, Chem. d. Nahrungsmittel 1880, S. 533.

			Die Luftverunreinigung des Petroleums als Einheit angenommen	
Petroleum	0,24 Kohlensäure	0,014 CH_4	1 Kohlensäure	1 CH_4
Rüböl	0,48 „	0,056 „	2 „	4 „
Leuchtgas	0,75 „	0,056 „	3,1 „	4 „
Kerzen	2,31 „	0,083 „	9,6 „	6 „

Petroleumbeleuchtung verunreinigt also die Luft am geringsten. Stearinkerzen am stärksten.

Nach den in jüngster Zeit im Königlichen Residenztheater zu München von Pettenkofer[15]) angestellten Versuchen hat sich ergeben, dafs bei Anwendung von elektrischer Beleuchtung eine Luftverderbnis vollständig ausgeschlossen ist und eine Überhitzung der Luft verhindert wird.

Die Temperatur bei leerem Hause stieg

a) bei Gasbeleuchtung

im Parquet	von 15,2° C.	auf 16,5° C.	= + 1,3° C.
„ I. Rang	„ 16,2 „	„ 19,4 „	= + 3,2 „
„ III. „	„ 16,2 „	„ 25,4 „	= + 9,2 „

b) bei elektrischer Beleuchtung

im Parquet	von 16,6° C.	auf 16,9° C.	= + 0,3° C.
„ I. Rang	„ 17,2 „	„ 18,0 „	= + 0,8 „
„ III. „	„ 17,6 „	„ 18,5 „	= + 0,9 „

In einem ähnlich steigenden Grade machte sich auch die Kohlensäurevermehrung durch Gasbeleuchtung bemerkbar.

1. Bei leerem Hause

a) bei Gasbeleuchtung.

Bei Beginn des Versuches 0,4 ‰ CO_2
nach 1 Stunde
im Parquet . . . . . 0,6 „
„ I. Rang . . . . . 1,0 „
„ III. „ . . . . . 2,0 „

b) bei elektrischer Beleuchtung.

Bei Beginn des Versuches . . . . . 0,4 ‰ CO_2
nach 1 Stunde im Parquet . . . 0,5 „
„ „ „ I. Rang . . . 0,5 „
„ „ „ III. „ . . . 0,6 „

[15]) Archiv f. Hygiene 1, 1883, 384–388. Repert. f. analyt. Chem. IV. Jahrg. No. 6, 90/91. Sander's Handb. d. öffentl. Gesundheitspflege 1885, 198.

2. Bei besetztem Hause

betrug die Kohlensäuremenge bei Gasbeleuchtung . . 2,3 ‰
" " " " elektr. Beleuchtung 1,8 "

Aus dem Vorangehenden geht hervor, wie wichtig und notwendig die Ventilation von Wohnräumen u. s. w. erscheint, deren Luft durch den Atmungsprozefs, durch künstliche Beleuchtung und durch Heizung den verschiedenartigsten Verunreinigungen ausgesetzt ist. Aufgabe der Hygiene ist es, überall die Reinhaltung der Luft in Wohnungen durch zweckmäfsige Ventilationseinrichtungen anzustreben.

Zum Zwecke der Berechnung des Ventilationsbedarfes von Wohnräumen bestimmt man in verschiedenen aufeinander folgenden Zeiten die Kohlensäure und berechnet den Luftwechsel nach der Seidel'schen Formel

$$y = 3{,}30258 \ldots\ldots m \log. \frac{p-q}{a-q}.$$

Es bedeutet:

y Gröfse des Luftwechsels in Kubikmetern; m das gegebene Volumen Zimmerluft; p den anfänglichen Kohlensäuregehalt des Luftraumes; a den Kohlensäuregehalt des Raumes m am Ende der Versuchszeit; q Kohlensäuregehalt der einströmenden Luft.

In der Atmosphäre fehlt Kohlensäure nie. Saussure[16]) fand als Durchschnitt für 10 000 Vol. Luft 4,15 CO_2. Im Winter fand er den CO_2-Gehalt geringer als im Sommer, nachts bedeutender als am Tage.

Verver[17]) fand im Mittel von 90 Versuchen 4,18 Vol. Kohlensäure pro 10 000 Vol. Luft.

Nach Boussingault[18]) betrug die Kohlensäure durchschnittlich 4,0 pro 10 000 Vol. Luft.

R. A. Smith[19]) fand 1864 in Manchester bei 14 Beobachtungen 0,343 Vol. CO_2 pro mille.

Schultze[20]) fand im Durchschnitt 0,29197 ‰
Henneberg " " " 0,320 "
Truchot " " " 0,378 "
Fodor[21]) " " " 0,380 "

---

16) Ann. d. Chym. et d. Phys. 1830, T. 44, p. 1—55.
17) Berzelius' Jahresberichte Bd. XXII, S. 45. Bullet. d. sc. ph. et nat. en Neerlande 1840, p. 191.
18) Ann. chim. et de Phys. 1844, 3. sér. T. X, p. 456.
19) Air and Rain. The beginnig of a chemical climatology, London 1872.
20) Landwirtsch. Versuchsstationen XIV 1871, S. 366.
21) Hygien. Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser Braunschweig 1881, S. 9.

Reiset[22]) hat in neuester Zeit im Mittel von 91 Luftproben in 100 000 Teilen Luft bei 0° C. und 760 mm B 29,78 Volumteile, also pro mille 0,2978 Kohlensäure gefunden. Der Verf. fand in der Luft von Brandenburg a. H. im Mittel von 25 Beobachtungen 0,324 ‰.

Auch Aubin und Müntz[23]) fanden auf dem Gipfel des Pic du Midi 0,28 bis 0,301 CO_2 pro mille und bestätigen daher Reiset's Forschungen.

Auch Dumas nimmt auf Grund dieser Untersuchung den Gehalt der atmosphärischen Luft zu 0,3 ‰ an.

Nach Truchot[24]) ist der Kohlensäuregehalt der Luft auf Bergen geringer. Er fand in Clermont-Ferrand, das 395 m über dem Meeresspiegel liegt, 0,313 ‰, auf der Spitze des Puy de Dôme (1446 m) blofs 0,203 ‰ und am Pic de Sancy (1884 m) blofs 0,172 ‰.

Der Unterschied zwischen Stadt- und Landluft in Bezug auf Kohlensäuregehalt ist nur ein unbedeutender.

Nach den Untersuchungen von Boussingault und Levy war der Kohlensäuregehalt in 10 000 Vol. Luft wie folgt:

Stadtluft Paris 3,8 Vol.
Landluft Elsafs 3,7 „

Sehr wichtig ist es, mitunter den Kohlensäuregehalt der Bodenluft zu ermitteln.

Die Untersuchung der Bodenluft auf Kohlensäure geschieht folgendermafsen:

Bleiröhren von ca. 1 cm Durchmesser und von einer Länge entsprechend der Tiefe, in der die Luft untersucht werden soll, werden in einen ausgegrabenen Schacht, der mit derselben ausgegrabenen Erde wieder gefüllt wird, gehängt; hierauf leitet man die Luft mittelst eines mit den Bleiröhren verbundenen Aspirators durch eine Lösung von Barytwasser und bestimmt den Kohlensäuregehalt nach der oben beschriebenen Methode.

Boussingault und Levy[25]) wiesen zuerst den Kohlensäuregehalt der Bodenluft so nach, dafs sie den Brausekopf einer Giefskanne, in dessen aufwärts gerichtetes Rohr ein Glasrohr eingesetzt war, 30—40 cm tief in den zu unter-

---

[22]) Compt. rend. 90, 1144. Zeitschr. f. analyt. Chem. 20, 576.
[23]) Rep. analyt. Chemie 1881, 87 und 1883, 371.
[24]) Compt. rend. 1873, II, 675 und Fodor, Luft, Boden, Wasser 1881, S. 31.
[25]) Jahresber. d. Chem. 1832, 783. Ann. Chim. Phys. [3] 37, 1. Muspratt-Stohmann, Chemie IV. Bd. 1877, S. 998.

suchenden Boden einsenkten, ihn sorgfältig mit Erde umstampften und dann nach 24 Stunden mittelst eines Aspirators die Luft einsogen. Zwischen dem Aspirator und dem aus dem Boden hervorragenden Rohr wird zunächst ein Kolben, in welchem eine Portion Luft für die Sauerstoffbestimmung gesammelt wurde, und dann Gefäfse mit Barytwasser zur Absorption der Kohlensäure eingeschaltet.

Die Kohlensäure findet sich in der Bodenluft oft in aufserordentlich grofsen Mengen. Sie entsteht durch Verwesung der im Boden vorhandenen organischen Substanzen (Organismen). Die Bodenluft ist in fortwährender Bewegung. Diese Bewegungen gehen teils im Boden vor sich, teils geben sie Veranlassung, dafs die mit Zersetzungsprodukten beladene Bodenluft am reichlichsten im Sommer und Herbst in die Wohnungen eindringt und die Entstehung verschiedener Infektionskrankheiten bedingt.

Pettenkofer wies nach, dafs, je verunreinigter ein Boden mit organischen Substanzen ist, um so gröfser ist der Kohlensäuregehalt der Bodenluft.

Er fand[26]) in dem aus dem Gerölle des Alpenkalks bestehenden Boden Münchens in 4 und 1,5 m Tiefe in 1000 Vol. Luft nachstehende Mengen:

	1871		1872	
	4 m	1,5 m	4 m	1,5 m
Januar	34,61	25,03	53,12	38,64
Februar	41,76	24,28	53,69	41,76
März	40,06	27,86	65,52	35,93
April	44,97	24,32	78,25	56,41
Mai	55,77	54,02	118,13	87,75
Juni	63,65	77,02	187,18	119,83
Juli	80,72	88,05	261,10	145,47
August	161,38	103,87	197,24	103,08
September	140,16	99,37	172,88	111,56
Oktober	64,62	41,85	123,38	82,27
November	66,93	54,72	—	—
Dezember	60,48	41,25	—	—

Nach Fodor's Untersuchungen[27]) „wirkt die Bodenluft auf die am Boden ruhende Luftschicht nicht blofs auf die Weise, dafs sie beständig empordiffundirt, sondern auch da-

[26]) Zeitschr. f. Biol. 7, 394; 9, 250. Muspratt-Stohmann, Chemie IV. Bd., S. 999.

[27]) Fodor, Luft, Braunschweig 1881, S. 52.

durch, dafs sie zeitweise, besonders im Herbst in stärkerem Strome in gröfserer Menge hervortritt und die Atmosphäre mit ihrer Kohlensäure verunreinigt“.

Fodor folgert nun weiter, „da die Kohlensäure der freien Atmosphäre unter der Einwirkung der Luftschicht am Bodenniveau steht, durch sie regulirt wird, so sind auch die Schwankungen des Kohlensäuregehaltes der freien Atmosphäre von denselben Ursachen abhängig, welche die Kohlensäure der Bodenniveauluft bedingen. Die freie Atmosphäre wird also ihren Kohlensäurezuwachs — in der Mehrzahl der Fälle — aus dem Boden, speziell aus der Grundluft erhalten, welche sich ihr bald in langsamem Strome, bald in unregelmäfsigen Explosionen beimengt“.

Nach Fodor[28]) ist ferner:

a) die Kohlensäure der Atmosphäre im Frühjahr am geringsten,
   1. weil die Kohlensäure der Bodenluft am niedrigsten steht,
   2. weil zu dieser Zeit der feuchte Boden der Grundluft nicht gestattet, emporzuströmen,
   3. weil dann auch die Grundluft wegen ihres gröfseren Gewichtes nicht einmal geneigt ist, sich auf die Oberfläche zu erheben;

b) die Kohlensäure der Atmosphäre ist im Herbst am höchsten und weist die heftigsten Schwankungen im Kohlensäuregehalt auf,
   1. weil die Grundluft im Herbst am kohlensäurereichsten ist,
   2. weil die Grundluft zu dieser Zeit durch den trockenen Boden am leichtesten aufwärts strömen kann,
   3. weil diese Strömung durch die Wärme der Grundluft am meisten begünstigt wird.

Bestimmung des Wassergehaltes der Luft.

Wie schon eingangs erwähnt wurde, gehört zu den wesentlichen Bestandteilen der Luft der Wasserdampf. Ein gegebenes Luftvolumen kann für eine gewisse Temperatur nur eine bestimmte Menge Wasserdampf aufnehmen. Die Luft ist mit Wasserdampf gesättigt, wenn derselbe für irgend eine Temperatur das Maximum seiner Spannkraft erreicht hat. Das Maximum der Spannung des Dampfes bei höherer Tem-

---

[28]) Fodor, Luft, S. 53.

peratur ist gröfser als bei niederer, es kann daher warme Luft mehr Wasserdampf aufnehmen als kalte.

Nachstehende Tabelle giebt den Wassergehalt der mit Dampf gesättigten Luft für die Temperaturen — 10 bis + 35° C. an.

Temperatur ° C.	Gröfste Spannkraft des Wasserdampfes mm	Gewicht des Dampfes in 1 cbm Luft grm	Temperatur ° C.	Gröfste Spannkraft des Wasserdampfes mm	Gewicht des Dampfes in 1 cbm Luft grm
— 10	2,1	2,3	13	11,2	11,4
9	2,3	2,5	14	11,9	12,1
8	2,5	2,7	15	12,7	12,9
7	2,7	2,9	16	13,5	13,6
6	2,9	3,2	17	14,4	14,5
5	3,1	3,4	18	15,4	15,4
4	3,4	3,7	19	16,3	16,3
3	3,7	4,0	20	17,4	17,3
2	4,0	4,3	21	18,5	18,4
— 1	4,3	4,6	22	19,7	19,4
0	4,6	4,9	23	20,9	20,6
+ 1	5,0	5,3	24	22,2	21,8
2	5,3	5,6	25	23,6	23,1
3	5,7	6,0	26	25,0	24,4
4	6,1	6,4	27	26,5	25,8
5	6,5	6,8	28	28,1	27,2
6	7,0	7,3	29	29,8	28,8
7	7,5	7,8	30	31,5	30,4
8	8,0	8,3	31	33,4	32,1
9	8,6	8,9	32	35,4	33,8
10	9,2	9,4	33	37,4	35,7
11	9,8	10,1	34	39,3	37,6
12	10,5	10,7	+ 35	41,5	39,3

Die Menge von Wasserdampf, welche in der Volumeinheit Luft (1 cbm) enthalten ist, bezeichnet man als „absolute Feuchtigkeit", das Verhältnis der Menge von Wasserdampf, welchen die Luft besitzt, zu derjenigen, welche vermöge der Temperatur vorhanden sein könnte, bezeichnet man als „relative Feuchtigkeit".

Es giebt verschiedene Methoden zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft. Hier soll nur Erwähnung finden 1. die Absorptionsmethode von Rüdorff[29]) und 2. die hygrometrische Prüfung von Koppe.

[29]) Berichte der Deutsch. chem. Gesellsch. zu Berlin 13, 149 und Fresenius, Zeitschr. f. analyt. Chem. Jahrg. 19, 1880, S. 338.

1. Absorptionsmethode. (Fig. 5.)

In die drei Hälse der Flasche *g**) sind hohle Glasstopfen eingeschlossen. Mittelst derselben ist ein Manometer *M*, eine Bürette *P* und ein rechtwinkliges Glasrohr *s* eingesetzt. Die Hähne bei *r* und *s* sind einfach, der Hahn *t* dagegen ist ein Zweiweghahn, welcher es gestattet, *g* entweder mit dem Manometer oder mit der äufseren Luft zu verbinden. Will man die Luft in einem Zimmer untersuchen, so sorgt man bei abgenommenen Stöpseln durch einen kleinen Blasebalg für die nötige Lufterneuerung, setzt die Stöpsel mit geöffneten Hähnen ein, schliefst *r* und *s* und stellt durch *t* die Verbindung zwischen *g* und *M* her. Will man die Luft aus dem Freien oder eine abgesperrte Luftmenge untersuchen, so saugt man an der Röhre *s* und verbindet das nach aufsen führende Stück des Hahnes *t* mit der Leitung, so dafs die Luft von da nach *g* strömt; nachdem alle alte Luft verdrängt ist, giebt man den Hähnen dieselbe Stellung wie in dem ersten Falle.

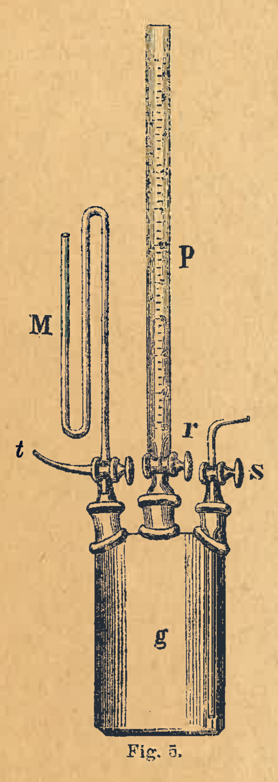


Fig. 5.

Nun füllt man die Bürette mit konzentrirter Schwefelsäure, läfst ein wenig davon nach *g* fliefsen, um den Wasserdampf zu absorbiren, und läfst dann so lange tropfenweise Schwefelsäure eintreten, bis die Flüssigkeit in beiden Manometerschenkeln wieder gleich hoch steht. Das an der Bürette abgelesene Volum der eingeflossenen Schwefelsäure ist dann gleich dem auf den herrschenden Barometerstand bezogenen Volumen des absorbirten Wasserdampfes.

2. Hygrometrische Methode.

Um in kurzer Zeit mit Aufwand geringer Mühe eine Feuchtigkeitsbestimmung der Luft vorzunehmen, bedient man

*) Zu beziehen von Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin C., Rosenthalerstr. 40, für 30 *M.*, mit Kühlgefäfs und Halter 40 *M.*

sich am besten eines Hygrometers. Die Längenveränderung, welche die Haare durch Aufnahme oder Abgabe erfahren, benutzt man schon seit langer Zeit, um den Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu bestimmen. Hierauf basirt auch das näher zu beschreibende Hygrometer (Fig. 6)*).

Das Kopp'sche[30]) Prozenthygrometer besteht aus einem mit Äther entfetteten Menschenhaar, das am oberen Ende befestigt und am unteren Ende eine Rolle umschlingt, welche einen Zeiger trägt. Das Haar wird durch eine kleine Neusilberfeder gespannt, deren Spannkraft sich mittelst einer Schraube genau auf $^1/_2$ grm reguliren läſst. Das ganze Hygrometer ist in ein Blech-Kästchen gestellt, welches vorn durch eine Glasscheibe und hinten durch einen Schieber geschlossen werden kann. Vor letzterem ist ein mit Musselin überspanntes Rähmchen in einer Nut eingeschoben.

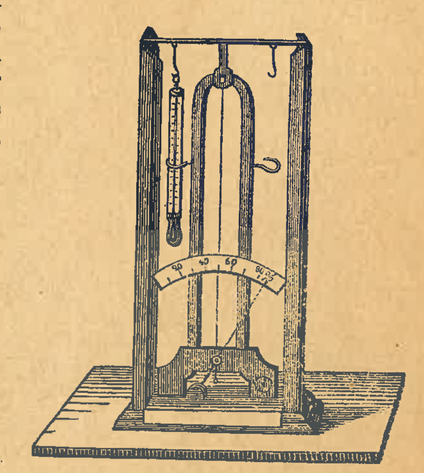


Fig. 6.

Zur Prüfung wird das mit Musselin überzogene Rähmchen in Wasser getränkt und eingeschoben. Das Kästchen füllt sich dann in kurzer Zeit vollständig mit Feuchtigkeit, das Haar sättigt sich rasch mit Feuchtigkeit und der Zeiger rückt bis zu einem Punkte vor, welcher dieser vollständigen Sättigung entspricht und wird dort stehen bleiben. Dieser Punkt sollte der Teilstrich für 100 % sein. Ist dies jedoch nicht der Fall, so hat man nur einen Uhrschlüssel durch das oben in der Glasscheibe befindliche Loch auf die Achse aufzusetzen, in welcher das obere Ende des Haares befestigt ist und durch Drehen den Zeiger auf 100 zu führen. Das Instrument ist nun justirt und wird, nachdem man Schieber,

[30]) Dr. Koppe, Die Messung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft mit besonderer Berücksichtigung des neuen Prozenthygrometers mit Justirvorrichtung. Zürich 1878, Dr. u. Verl. von Friedrich Schultheiſs, S. 38.

*) Zu beziehen von Dr. Robert Müncke, Berlin NW. für 40 ℳ.

Gewebe und Glas fortgenommen, einige Minuten später den Feuchtigkeitsgrad des zu prüfenden Raumes richtig anzeigen. Die gefundenen Prozentzahlen geben die relative Feuchtigkeit an.

Zur Verwandlung der relativen Feuchtigkeit in absolute und zur Bestimmung der Temperatur des Taupunktes (Temperatur der Sättigung) dient das untenstehende Diagramm.[31])

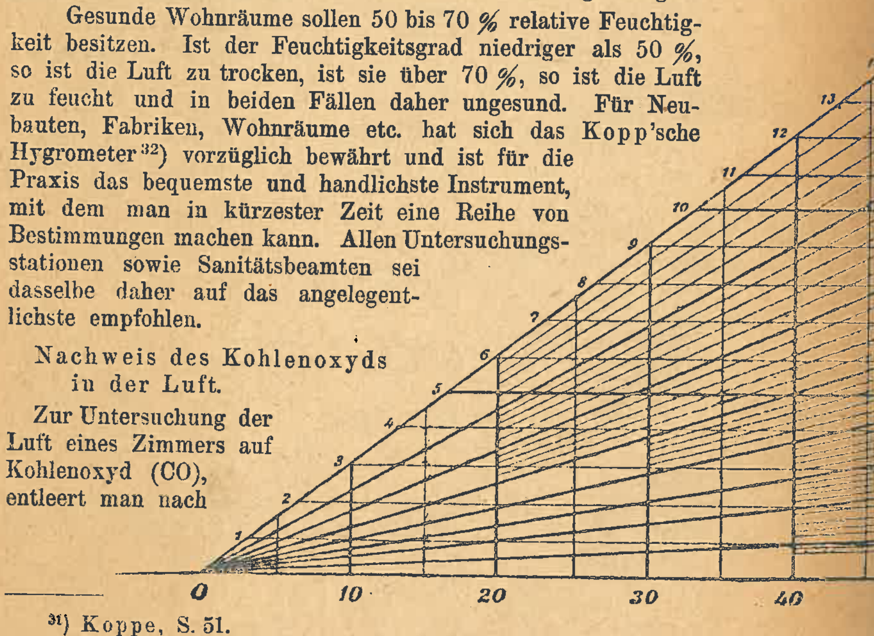
Auf der rechten Seite stehen die Temperaturen von — 15 bis + 30° C., auf der linken längs der Hypothenuse in gleicher Höhe die zugehörigen Spannkräfte des Wasserdampfes im Maximum der Dichte und unten die Prozente, d. h. die relative Feuchtigkeit, welche das Hygrometer angiebt.

Beispiel:

Relative Feuchtigkeit = 70 %
Temperatur . . . = 20° C.

Man sucht in dem Diagramme den Schnitt dieser beiden Linien und findet in derselben Horizontalen links als absolute Feuchtigkeit 12 mm = 12 grm pro Kubikmeter, verfolgt man nun die Horizontale nach rechts, so findet man den Taupunkt bei 14,2°, d. h. die Luft kann von 20° C. bis auf 14,2° C., also 6,8° C. abgekühlt werden, bis ein Niederschlag erfolgt.

Gesunde Wohnräume sollen 50 bis 70 % relative Feuchtigkeit besitzen. Ist der Feuchtigkeitsgrad niedriger als 50 %, so ist die Luft zu trocken, ist sie über 70 %, so ist die Luft zu feucht und in beiden Fällen daher ungesund. Für Neubauten, Fabriken, Wohnräume etc. hat sich das Kopp'sche Hygrometer[32]) vorzüglich bewährt und ist für die Praxis das bequemste und handlichste Instrument, mit dem man in kürzester Zeit eine Reihe von Bestimmungen machen kann. Allen Untersuchungsstationen sowie Sanitätsbeamten sei dasselbe daher auf das angelegentlichste empfohlen.



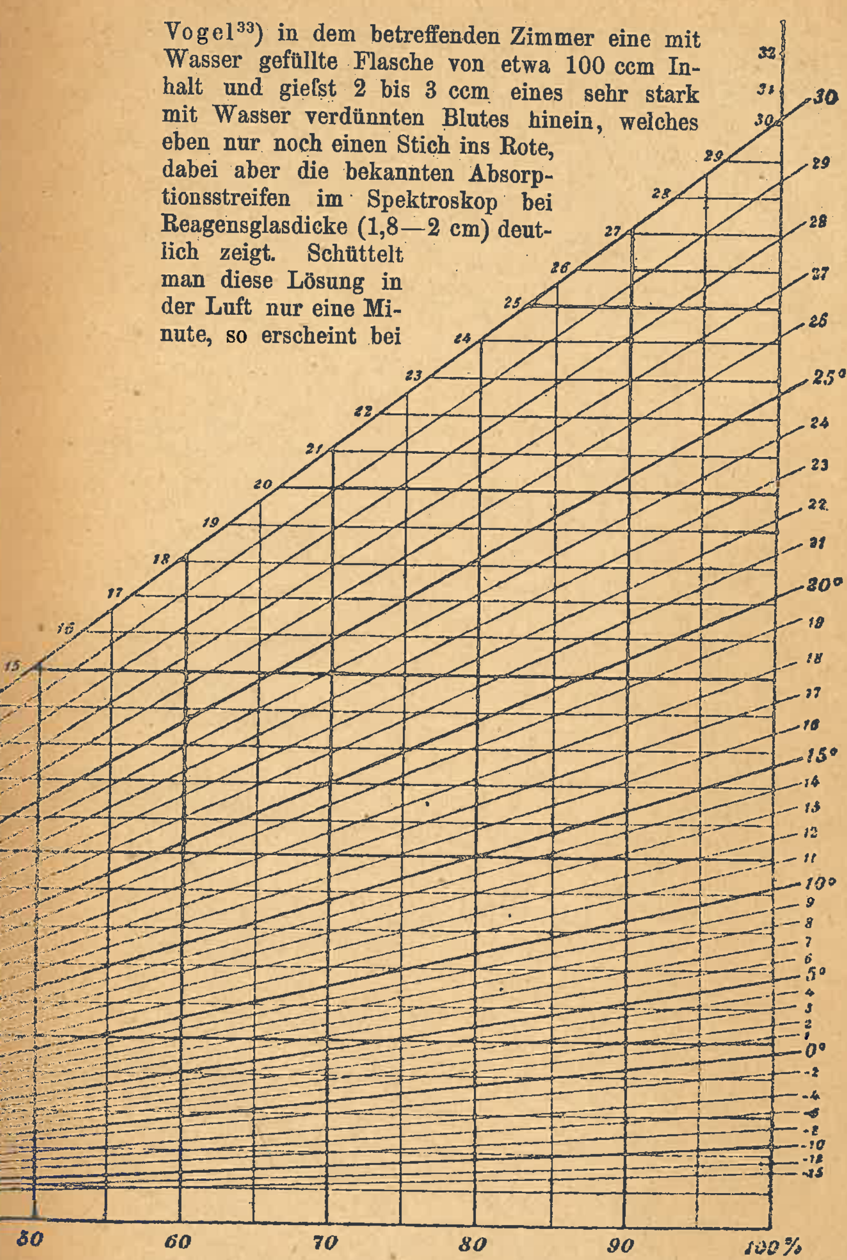
Nachweis des Kohlenoxyds in der Luft.

Zur Untersuchung der Luft eines Zimmers auf Kohlenoxyd (CO), entleert man nach

[31]) Koppe, S. 51.

[32]) Das Prozenthygrometer von Koppe kann man in vorzüglicher Beschaffenheit aus der physikalischen und meteorologischen

Vogel[33]) in dem betreffenden Zimmer eine mit Wasser gefüllte Flasche von etwa 100 ccm Inhalt und giefst 2 bis 3 ccm eines sehr stark mit Wasser verdünnten Blutes hinein, welches eben nur noch einen Stich ins Rote, dabei aber die bekannten Absorptionsstreifen im Spektroskop bei Reagensglasdicke (1,8—2 cm) deutlich zeigt. Schüttelt man diese Lösung in der Luft nur eine Minute, so erscheint bei



Werkstätte von Th. Usteri Reinacher, Nachf. von Hottinger und Co. in Zürich für den Preis von 45 Frcs. beziehen.

[33]) Ber. d. Dtsch. chem. Gesellsch. 10, 7, 92 und 11, 235.

Kohlenoxydgehalt das Blut mehr rosa und man bemerkt zwei Absorptionsstreifen im Gelbgrün. Da jedoch dieselben denen des Sauerstoff-Hämaglobins sehr ähnlich sind, so fügt man zur weiteren Unterscheidung 3—4 Tropfen starkes Schwefelammonium zur Blutlösung hinzu, dadurch verschwinden im kohlenoxydfreien Blute die beiden Streifen und erzeugen einen breiten verwaschenen Schatten, während die zwei Streifen des mit Kohlenoxyd geschwängerten Blutes durch Schwefelammonium unverändert bleiben.

Nach dieser Methode lassen sich noch 0,25—0,4 Volumprozente Kohlenoxyd ganz sicher in einer Luft nachweisen.

C. H. Wolf[34]) weist das Kohlenoxyd folgendermaſsen nach (s. Fig. 8):

In den eingezogenen Teil bei *d* wird von oben ein kleiner Bausch Glaswolle eingeführt, lose eingedrückt und alsdann der übrige Teil des Rohres bis *f* mit mäſsig feinem Glaspulver angefüllt. Das Pulver habe die Feinheit von mittelfeinem Schieſspulver, werde von allem feinerem Staube abgesiebt, mit Salzsäure digerirt, auf das sorgfältigste ausgewaschen und getrocknet. Das Glaspulver wird von oben mit Wasser befeuchtet, das überschüssige Wasser mittelst der Wasserluftpumpe bei *e* abgesogen und bei *c* entfernt. Darauf werden 2 ccm auf $^1/_{40}$ verdünnten Blutes mit einer Pipette von oben auf das feuchte Glaspulver getröpfelt, und wird durch leichtes Blasen mit dem Munde bei *h*, nach Schluſs von *a*, eine gleichmäſsige Durchdringung und Färbung der feuchten Glaspulverschicht bis zur Glaswolle bewirkt. So vorgerichtet, verbindet man den Apparat und zwar, je nachdem 10 l Luft durchgesogen oder durchgetrieben werden sollen, *e* oder *h* mit der betreffenden Flasche oder Aspirator. Zur Füllung bedient man sich einer doppelt tubulirten, 10 l fassenden Flasche, durch deren Tuben rechtwinklig gebogene Röhren gehen, von welchen eine bis auf den Boden reicht und die beide mit durch Schraubenklemmer verschlieſsbaren Gummischläuchen versehen sind. Die Füllung geschieht durch Abziehen des in der Flasche enthaltenen Wassers, die des Gases durch Zuflieſsenlassen von neuem Wasser.

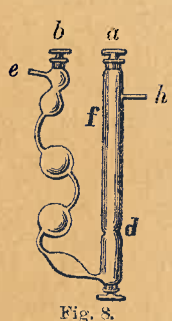


Fig. 8.

---

[34]) Korr.-Bl. d. Ver. analyt. Chem. 1880.

Der Luftstrom ist mit Hilfe der Schraubenquetschhähne so zu regeln, daſs durchschnittlich 1000 ccm binnen 20 bis 25 Minuten den Apparat passiren. Um die Gaspassage besser zu beobachten, werden, nachdem das Glas mit Blutwasser getränkt ist, bei *b* 2—3 ccm Wasser hineingegeben, die nach Beendigung des Versuches bei *c* wieder abgelassen werden. Sind 10 l Luft durch den Apparat gegangen, so wird zunächst der Stöpsel bei *c* geöffnet, um das Sperrwasser abzulassen, darauf unter *c* ein kleines Reagensglas gestellt, welches für den Raum von 3 ccm eine Marke trägt, und alsdann bei *a* nach Entfernung des Stöpsels langsam mit einer Pipette reines Wasser eingetröpfelt.

Dasselbe verdrängt allmählich die Blutlösung aus der Glaspulverschicht und wird die Deplacirung fortgesetzt, bis die Flüssigkeit die am Reagensglase befindliche Marke erreicht hat. Nach Entfernung des Reagensglases deplacirt man weiter zur Reinigung des Glases, saugt die letzte Feuchtigkeit mittelst der Wasserluftpumpe ab und stellt den Apparat zum ferneren Gebrauche zurück. Bei ursprünglicher Beschickung des Apparates mit 2 ccm auf $^1/_{40}$ verdünnten Blutes haben die in dem Reagensglase enthaltenen 3 ccm jetzt die Konzentration von $^1/_{60}$. Zur spektroskopischen Beobachtung wird die Flüssigkeit in eine kleine rechteckige, flache Flasche gefüllt, welche ca. 1,5 ccm aufzunehmen vermag und mit eingeschliffenem Stöpsel verschlieſsbar ist und wird mit einem Tropfen Schwefelammoniumlösung durchgeschüttelt. Ein zweites Fläschchen wird mit der reinen Blutlösung, die ebenfalls mit einem Tropfen Schwefelammoniumlösung durchgeschüttelt wird, gefüllt.

Zur Herrichtung und Aufbewahrung vermischt C. H. Wolf defibrinirtes Blut mit dem gleichen Volumen kalt gesättigter Boraxlösung, diese Mischung hebt er auf und versetzt beim jedesmaligen Gebrauche 1 ccm derselben mit 19 ccm Wasser, um die vorgeschriebene Verdünnung auf $^1/_{40}$ zu erreichen.

Nach dieser Methode lassen sich noch 0,03 Vol.-Proz. CO nachweisen.

Ein vorzügliches Verfahren zum Nachweis des Kohlenoxydgehaltes der Luft hat J. v. Fodor[35]) angegeben:

10—12 l der Luft werden mit mäſsig verdünntem Blute 15—20 Min. lang geschüttelt, darauf bringt man das Blut in ein Kölbchen, durch dessen doppelt durchbohrten Stöpsel zwei

---

[35]) Korr.-Bl. d. Ver. analyt. Chem. 3, 141. Dtsche. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspfl. 12, 377. Zeitschr. f. analyt. Chem. 20, 574. Repert. f. analyt. Chem IV, 2, 27.

Glasröhren gehen. Die eine bis auf den Boden reichende dient zur Einleitung von (durch Palladiumchlorürlösung gewaschener) Luft. Die andere Glasröhre führt die aus dem Kolben austretende Luft zwei Waschflaschen zu, deren eine mit essigsaurem Bleioxyd, die andere mit verdünnter Schwefelsäure beschickt ist. Aus den Waschflaschen tritt der Luftstrom in 1 bis 2 U förmige Röhren, welche neutrale Palladiumchlorürlösung enthalten. Der Kolben wird nun auf ein Wasserbad gesetzt und das Blut darin $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde lang auf einer Temperatur von 90—95° C. erhalten. Während dieser Zeit läfst man, unter häufigem Umschütteln des Kolbeninhaltes, durch den Apparat einen möglichst langsamen Luftstrom aspiriren. Sowie das Blut sich zu verfärben beginnt, tritt Spaltung des Kohlenoxyd-Hämoglobins ein; das Kohlenoxyd wird frei und gleichzeitig erscheint an der Oberfläche der Palladiumchlorürlösung ein schwarzer Niederschlag von reduzirtem Palladium.

Durch Auflösen des Palladiums in Königswasser und Ausfällen dieser Lösung mit titrirter Jodkalium-Solution (1,486 grm KJ : 1 l), bis eine abfiltrirte Probe mit einem Tropfen Jodkaliumlösung eben keine Trübung mehr hervorbringt, kann die Menge desselben und somit auch die des aktiv gewesenen Kohlenoxyds berechnet werden. 1 ccm obiger Jodkaliumlösung entspricht 0,1 ccm Kohlenoxyd. Mit diesem Verfahren gelingt es, noch 0,005 % Kohlenoxyd mit aller Sicherheit nachzuweisen.

A. P. Fokker[36]) hat das Fodor'sche Verfahren folgendermafsen modifizirt: 1—2 ccm des auf Kohlenoxyd zu prüfenden Blutes werden in ein zwischen drei gebogenen Messingdrähten eingeklemmtes kleines Becherglas gebracht. Die Messingdrähte tragen an ihren oberen Enden ein Uhrglas mit Palladiumchlorürlösung, während an den unteren Enden eine Messingplatte angelötet ist. Dieses Gestell wird in eine mit Wasser gefüllte Schüssel gestellt und mit einer engen Glasplatte bedeckt. Hierauf saugt man mit einem Gummischlauch $^2/_3$ der Luft aus der Glocke; das Wasser steigt, das Becherglas schwimmt auf dem Wasser und wird durch die Messingplatte in senkrechter Stellung erhalten. Man erhitzt nun das Wasser zum Kochen, wobei das Blut gerinnt, das Kohlenoxyd entweicht und die Palladiumchlorürlösung auf dem Uhrglase wird zu metallischem Palladium reduzirt. Bei

[36]) Repert. f. analyt. Chem. 1884, Jahrg. V, S. 251. Arch. für Hygiene 1884, 503—510.

Spuren von Kohlenoxyd mufs man, da die Reduktion nicht gleich stattfindet, den Apparat 24 Stunden stehen lassen.

Diese Methode ist von so aufserordentlich grofser Empfindlichkeit, dafs einzelne Blutstropfen auf Kohlenoxyd geprüft werden können.

Nach Gruber's[37]) Versuchen liegt die Grenze der Schädlichkeit des Kohlenoxyds wahrscheinlich bei einer Verdünnung von 0,06 %, sicherlich aber von 0,02 %. In Zimmern, die mit eisernen Öfen geheizt wurden, gelang es ihm nicht, Kohlenoxyd nachzuweisen, wodurch bewiesen ist, dafs in der Anwendung dieser Öfen eine Gefahr für die Gesundheit nicht zu befürchten ist.

Kohlenoxyd ist ein Gas von aufserordentlich giftiger Wirkung.

Bestimmung von Grubengas.

Zum Nachweis von Grubengas, das häufig in Bergwerken u. s. w. in gröfseren Mengen sich ansammelt, füllt man das Eudiometer zu $^1/_3$ mit der zu untersuchenden Luft, reduzirt und fügt dann eine gemessene Menge Sauerstoff hinzu. Nachdem man die vorhandene Kohlensäure durch eine Ätzkalikugel entfernt hat, notirt man die Differenz und reduzirt. Hierauf läfst man durch das Gasgemisch den elektrischen Funken durchschlagen und entfernt die durch Verbrennung des Grubengases entstandenen Verbrennungsprodukte Wasser durch eine Chlorkalciumkugel,* hierauf die Kohlensäure durch eine Ätzkalikugel. Aus der Differenz der Volumina vor und nach dem Verbrennen berechnet man die Menge des in der Luft vorhanden gewesenen Grubengases.

Bestimmung von Leuchtgas.

Zum Nachweis von Leuchtgas in Zimmerluft u. a. bedient man sich als Absorptionsmittel der konzentrirten Schwefelsäure.

Man füllt das Eudiometer zu $^2/_3$ mit der zu untersuchenden Luft, die man vorher durch eine mit Bleiessig gefüllte Waschflasche zur Absorption des Ammoniaks hat streichen lassen, reduzirt und entfernt die vorhandene Kohlensäure durch eine Ätzkalikugel, reduzirt wieder und führt dann eine Koakskugel, die mit konzentrirter Schwefelsäure getränkt ist, in die Röhre ein, nach erfolgter Reduktion be-

[37]) Sitzungsber. d. mathem. phys. Klasse d. Kgl. b. Akademie d. Wissensch. 1881, p. 203. Zeitschr. f. analyt. Chem. 20, 574. Repert. f. analyt. Chem. IV, 28. Arch. f. Hyg. 1, 142—168.

rechnet man aus der entstandenen Volumenverminderung den Gehalt an Leuchtgas.

Bestimmung von Schwefelwasserstoff ($H_2 S$).

Der qualitative Nachweis von $H_2 S$ in der Luft, den man übrigens schon bei den geringsten Mengen durch den Geruch wahrnehmen kann, geschieht

1. durch in Bleizuckerlösung getränkte Papierstreifen;

2. durch Einleiten der zu untersuchenden Luft in eine Bleizuckerlösung; Bräunung oder Schwärzung der Papierstreifen oder der Lösung, infolge Bildung von Schwefelblei, zeigt die Anwesenheit von $H_2 S$ an;

3. leitet man ferner Luft, die $H_2 S$ enthält, durch eine ammoniakalisch gemachte Lösung von Nitroprussidnatrium, so färbt sich diese violett.

In der Regel ist eine quantitative Bestimmung überflüssig, sollte jedoch eine solche erforderlich sein, so verfährt man folgendermafsen:

1. Man führt in das mit der zu untersuchenden Luft gefüllte Eudiometer zur Absorption des vorhandenen Schwefelwasserstoffs eine mit Phosphorsäure getränkte Braunsteinkugel, oder eine Gipskugel, welcher Bleiphosphat beigemengt ist und berechnet aus der entstandenen Volumverminderung den Gehalt an $H_2 S$.

2. Man läfst das zu untersuchende gemessene Luftvolumen durch Uförmige Röhren streichen, die zu $^5/_6$ mit Kupfervitriolbimsstein und zu $^1/_6$ (am Ausgangsende) mit Chlorkalcium gefüllt sind. Aus der Gewichtszunahme der Röhren bestimmt man den Gehalt an $H_2 S$.

3. Man leitet eine bestimmte Menge der zu untersuchenden Luft durch eine Pettenkofer'sche Absorptionsröhre, in der sich eine Lösung von Jod in Jodkalium, deren Gehalt an freiem Jod bekannt ist, befindet ($H_2 S + 2 J = 2 HJ + S$) und bestimmt die noch vorhandene Menge freien Jods durch eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron $2 (Na_2 S_2 O_3) + J_2 = Na_2 S_4 O_6 + 2 (Na J)$. Aus der Differenz erfährt man die Jodmenge, die durch Schwefelwasserstoff in Jodwasserstoff verwandelt worden ist, die also der Menge des in der untersuchten Luft enthaltenen Schwefelwasserstoffs entspricht.

Schwefelwasserstoff bildet sich bei der Fäulnis schwefelhaltiger organischer Stoffe, z. B. in Abtrittsgruben und in verschiedenen Gewerbebetrieben; er gelangt von hier aus in die Luft und verpestet dieselbe.

Erismann[38]) hat nachgewiesen, daſs 135 grm Exkremente (Kot zu Harn wie 1 : 3 gemischt) an die Luft in 24 Stunden abgeben:

Kohlensäure	0,0836 grm
Ammoniak	0,0153 „
Schwefelwasserstoff	0,00025 „
Kohlenwasserstoff (CH_4, fette Säuren etc.)	0,0564 „

Eine Abtrittsgrube, die 18 cbm Exkremente enthält, giebt hiernach in 24 Stunden ab:

Kohlensäure . . .	11,144 kg	= 5666,6 l
Ammoniak	2,040 kg	= 2673,7 l
Schwefelwasserstoff .	0,033 kg	= 21,7 l
Kohlenwasserstoff .	7,464 kg	= 10430,7 l
	20,681 kg	= 18792,7 l

Da ferner eine Exkrementenmasse von 18 cbm 13,85 kg Sauerstoff absorbirt, so ist leicht ersichtlich, in wie hohem Grade hierdurch die Luft verunreinigt wird.

Die öffentliche Gesundheitspflege kann daher mit Recht die Entfernung der menschlichen und tierischen Abfallstoffe, sowie der Abfallstoffe aus Gewerbebetrieben u. s. w. aus der Nähe unserer Wohnstätten fordern. Eine geeignete Desinfektion in Verbindung mit einem geregelten Abfuhrsystem, oder, wo es die Verhältnisse erlauben, Kanalisation (oder Rieselung) können einzig und allein Abhilfe schaffen.

Bestimmung der schwefligen Säure (SO_2).

Zur qualitativen Prüfung auf schweflige Säure läſst man die zu untersuchende Luft durch Wasser streichen, setzt darauf zur Entwickelung von Wasserstoff reines Zink und Salzsäure hinzu, ist schweflige Säure vorhanden, so entwickelt sich Schwefelwasserstoff, der an der Bräunung des in Bleizuckerlösung getränkten Papiers oder an der violetten Färbung einer ammoniakalisch gemachten Lösung von Nitroprussidnatrium erkannt wird.

Ein anderes Reagens zum Nachweis von SO_2 ist ein in eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul getränkter Streifen Filtrirpapier, der sich bei Anwesenheit der schwefligen Säure durch Bildung von metallischem Quecksilber grau färbt.

Die Menge der in der Luft enthaltenen schwefligen Säure läſst sich dadurch finden, daſs man in das mit der zu

[38]) Zeitschr. f. Biol. 1875, S. 207.

untersuchenden Luft gefüllte Eudiometer zur Absorption der SO_2 eine mit Phosphorsäure getränkte Phosphorkugel oder eine Gipskugel, die mit Braunstein und Bleiphosphat gemengt ist, einführt. Aus der entstandenen Volumenverminderung berechnet man den Gehalt an SO_2.

2. Man leitet ein gemessenes Luftvolumen durch eine titrirte Lösung von Jod in Jodkalium ($SO_2 + J_2 + 2\,H_2\,O = SO_4\,H_2 + 2\,H\,J$) und bestimmt das noch frei gebliebene Jod mit einer titrirten Auflösung von unterschwefligsaurem Natron und findet so die Jodmenge, die zur Überführung der schwefligen Säure in Schwefelsäure gedient hat.

3. Man leitet die zu untersuchende Luft durch Chlor- oder Bromwasser. Nach Austreibung des überschüssigen Chlors oder Broms durch Erhitzen bestimmt man die Schwefelsäure durch Fällung mit Chlorbaryum als schwefelsauren Baryt und berechnet hieraus den Gehalt der in einem gemessenen Luftvolumen vorhandenen schwefligen Säure.

Die schweflige Säure gelangt namentlich in Fabrikgegenden durch Verbrennung schwefelhaltiger Steinkohlen in die Luft. Sie tritt auch ferner auf in verschiedenen Gewerbebetrieben (Schwefelsäure-, Glas-, Alaunfabrikation u. s. w.) und findet technische Verwendung besonders als Bleichmittel (Strohhutfabrikation etc.), als Konservirungsmittel (Fleisch, Wein, Hopfen etc.). Sie ist ein farbloses Gas von stechendem Geruch und wirkt auf die Schleimhäute stark reizend. Sie wirkt ferner schädlich auf die Vegetation. Nach[39]) Witz vermindert die schweflige Säure den Ozongehalt der Luft, mit Mennige rot gefärbtes Papier wird in solcher Atmosphäre nach und nach entfärbt.

Nach Hirt wird bei Arbeitern, die in Luft, welche schweflige Säure enthält, sich aufhalten, durch die anhaltende Wirkung dieses Gases die Disposition zu chronisch-entzündlichen Prozessen der Lungen erhöht.

Bestimmung des Ammoniakgehalts (NH_3) der Luft.

I. Qualitativ weist man das Ammoniak in der Luft durch empfindliches Lakmus- oder Kurkumapapier nach und zwar in der Weise, dafs man die eine Hälfte desselben durch Einklemmen zwischen zwei Glasplatten vor der Einwirkung der Luft schützt, während die andere Hälfte frei herausragt und so der Luft ausgesetzt ist; die geringsten Veränderungen der

---

[39]) Compt. rend. 1885. 100, 1385. Repert. f. analyt. Chem. V. No. 15, 1885, S. 247.

Farbe dieses Teiles lassen sich durch Vergleich mit dem eingeklemmten Teil aufserordentlich scharf erkennen.

II. Setzt man ein in salpetersaurer Quecksilberoxydullösung getränktes Papier der zu untersuchenden Luft aus, so färbt sich bei Anwesenheit von Ammoniak das Papier braunschwarz infolge Bildung von metallischem Quecksilber und Quecksilberoxydul. Zum Unterschied von schwefliger Säure, die eine ähnliche Reaktion giebt, betupft man das Papier mit Salzsäure, wodurch die Färbung verschwindet.

III. Ein gutes Reagens auf Ammoniak bietet auch ein in alkoholischen Blauholzextrakt getränktes Papier. Die gelbe Farbe desselben geht bei der geringsten Spur von NH_3 in violett über.

IV. Zur Bestimmung des Ammoniakgehaltes der Luft leitet man mehrere Kubikmeter der zu untersuchenden Luft mittelst eines Aspirators durch ein mit Salzsäure gefülltes Absorptionsgefäfs, befreit darauf die Flüssigkeit durch Verdampfen von der überschüssigen Säure und fällt aus dem Rückstand das Ammoniak durch Platinchloridlösung als Ammoniumplatinchlorid und berechnet aus dessen Menge den Gehalt an Ammoniak.

V. Man kann auch Ammoniak in der Weise bestimmen, dafs man ein gemessenes Volumen der zu untersuchenden Luft durch mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser streichen läfst. Setzt man nun Nefsler'sches Reagens hinzu, so entsteht eine gelbe bis rote Färbung. Durch Vergleich derselben mit den Färbungen anderer Lösungen mit bekanntem Ammoniakgehalt bestimmt man die Menge des in der untersuchten Luft enthaltenen Ammoniaks.

Ammoniak ist, wenn auch nur in geringen Mengen, doch stets in der Atmosphäre, meist in Verbindung mit Kohlensäure und salpetriger Säure enthalten. Sein Vorkommen in der Luft ist vorzugsweise zurückzuführen durch auf der Erdoberfläche vor sich gehende Fäulnisprozesse stickstoffhaltiger organischer Stoffe.

In 1 Million Gewichtsteilen Luft fand

	mgrm Ammoniak
Kemp[40]) an der irischen Küste	3,6
Gräger[41]) in Mühlhausen in vier Regentagen	0,33
Horsford[42]) in Boston im Monat Juli . .	47,6

---

[40]) Jahresber. d. Chem. 1847/48, p. 392. Chem. Gaz. 1848, p. 99.
[41]) Arch. Pharm. 44, p. 35.
[42]) Ann. chem. Pharm. 74, p. 243. Jahresber. d. Chem. 1850, p. 258.

	mgrm Ammoniak
Horsford in Boston im Monat Dezember .	1,2
Fresenius [43]) in Wiesbaden im August und September am Tage	0,098
Derselbe in Wiesbaden im August und Sept. in der Nacht	0,169
Pierre [44]) zu Caen im Winter 3 mal über dem Boden	3,5
Derselbe später 8 mal über dem Boden . .	0,5
Ville [45]) in Paris	23,7
Binau [46]) zu Lyon	0,33
Derselbe zu Lyon 32 mal über dem Boden .	0,21
„ zu Caluire im Sommer	0,08
„ „ „ im Winter	0,04

Brown [47]) in Burton-on-Trent 2 mal über dem Boden 1,44—3,09 mgrm; Lévy [48]) in Paris fand für 1876/77 im Mittel 0,0370 mgrm; für 1878/79 0,0190 mgrm Ammoniak pro Kubikmeter Luft; Fodor [49]) in Budapest fand in 80 Bestimmungen in der Zeit vom 15. September 1878 bis Ende Dezember 1879 pro Kubikmeter Luft 0,03888 mgrm Ammoniak; für das Jahr 1879 allein im Mittel 0,03318 mgrm und zwar:

Winter (Januar, Februar, Dezember) . .	= 0,0251 mgrm
Frühling (März, April, Mai)	= 0,0303 „
Sommer (Juni, Juli, August)	= 0,0488 „
Herbst (September, Oktober, November) .	= 0,0344 „

Wie aus den aufgezählten Beobachtungen der verschiedenen Forscher hervorgeht, ist also der Gehalt der Atmospäre an Ammoniak ein sehr wechselnder. Diese Schwankungen sind höchst wahrscheinlich durch die Jahreszeiten sowohl als auch Witterungsverhältnisse und andere Einflüsse bedingt. So ist z. B. die Luft nach Regen stets ärmer an Ammoniak, da der Regen die Ammoniakverbindungen der Luft dem Boden zuführt. In den atmosphärischen Niederschlägen finden wir daher auch stets Ammoniak.

---

[43]) Journ. f. prakt. Chemie 46, p. 100. Jahresber. d. Chem. 1849, p. 290.
[44]) Compt. rend. 34, p. 878; 36, p. 694. Jahresber. d. Chemie 1852, p. 356; 1853, p. 333.
[45]) Compt. rend. 35, p. 464. Jahresber. d. Chem. 1852, p. 356.
[46]) Compt. rend. 34, p. 377.
[47]) Handw. d. Chemie 1871, Bd. I, p. 866.
[48]) Fodor, Luft, Braunschweig 1871, p. 77.
[49]) Derselbe. Luft, Boden, Wasser, Br. 1871, p. 75 u. 76.

	mgrm NH_3
Barral[50]) in Paris fand im Mittel pro Liter Regenwasser	1,08—9,65
Martin[51]) in Marseille im Mittel pro Liter Regenwasser	3,144
Binau[52]) in Lyon im Frühling 1853 pro Liter Regenwasser	12,1
Derselbe im Sommer 1853 pro Liter Regenwasser	3,1
Derselbe im Herbst 1853 pro Liter Regenwasser	4,0
Derselbe im Winter 1853 pro Liter Regenwasser	16,3
Boussingault[53]) im Liter Thau	3—6
„ „ „ Schneewasser von frischgefallenem Schnee	1,78
Knop und Wolf[54]) fanden im Liter Regenwasser	0,3—4,0
Dieselben[55]) fanden auch in den Hagelkörnern NH_3.	
Robierre[56]) zu Nantes fand als Jahresdurchschnitt:	
a) Rgenwasser, gesammelt in einer Höhe von 47 m	1,997
b) Regenwasser, gesammelt in einer Höhe von 7 m	5,939

Die auf den nachstehend verzeichneten landwirtschaftlichen Versuchsstationen in den Jahren 1864—1866 angestellten Beobachtungen ergaben im Mittel nachstehende Resultate[57]):

	mgrm NH_3 in 1 Liter Wasser
Kuschen	0,69
Insterburg	0,96
Regenwalde . . .	3,18

---

[50]) Jahresber. d. Chem. 1872, p. 750.
[51]) Jahresber. d. Chem. 1853, p. 708.
[52]) Jahresber. d. Chem. 1852, p. 751.
[53]) Compt. rend. 44, p. 1034.
[54]) Der Kreisl. d. Stoffes Bd. II, p. 77.
[55]) Muspratt., Chem. Bd. IV, p. 1010.
[56]) Jahresber. d. Chem. 1864, p. 126.
[57]) Annal. d. Landw. 48, p. 97; 51, p. 223 u. Muspr. Chem., Bd. V, p. 1011.

	mgrm NH_3 in 1 Liter Wasser
Proskau	4,12
Ida Marienhütte . .	2,85
Lauersfort	2,84
Eldena	2,38
Dahme	1,61

Der Verfasser fand in Brandenburg a. H. im Mittel von 100 Proben pro Liter Regenwasser 1,96 mgrm Ammoniak.

Wenn wir auch noch nicht in der Lage sind, den Zusammenhang zwischen Ammoniakgehalt der Luft und Entstehung von Verbreitung von Krankheiten direkt nachzuweisen, so scheint doch die Annahme berechtigt, aus der gröſseren oder geringeren Menge des in der atmosphärischen Luft enthaltenen Ammoniaks auf den Grad der Verunreinigung derselben mit Fäulnisprodukten zu schlieſsen.

Bestimmung der salpetrigen Säure.

Die salpetrige Säure kommt in der Atmosphäre in so auſserordentlich geringen Mengen vor, daſs es fast unmöglich ist, dieselbe in der Luft selbst zu bestimmen. Dagegen weist man sie am besten in den atmosphärischen Niederschlägen nach.

Zur Bestimmung der salpetrigen Säure bedient man sich des Metadiamidobenzols. Die zu diesem Zwecke nötige Lösung stellt man sich dar durch Auflösung von 5 grm des genannten Stoffes in 1 Liter Wasser. Zur Prüfung bringt man 100 ccm des atmosphärischen Niederschlags in einen Glascylinder und fügt 1 ccm verdünnte Schwefelsäure und 1 ccm Metadiamidobenzollösung hinzu. Bei Vorhandensein von salpetriger Säure entsteht eine gelbe bis gelbrote Färbung. Zugleich füllt man 4—5 gleich weite Cylinder mit destillirtem Wasser, numerirt dieselben und setzt nun zum Inhalt des Cylinders No. I 1 ccm einer Nitritlösung entsprechend 0,01 mgrm salpetriger Säure, zu No. II 2 ccm, zu No. III 3 ccm, zu No. IV 4 ccm und zu No. V 5 ccm der genannten Nitritlösung, fügt darauf zu jeder Probe 1 ccm verdünnte Schwefelsäure- und 1 ccm Metadiamidobenzollösungen. Durch Vergleich der entstandenen Färbung des atmosphärischen Niederschlages mit den Färbungen der numerirten Vergleichslösungen mit bekanntem Gehalt an salpetriger Säure bestimmt man die Menge der in dem atmosphärischen Niederschlage enthaltenen salpetrigen Säure.

Ich will noch bemerken, daſs man mitunter noch mehr Vergleichslösungen als oben angeführt, aufstellen muſs, ehe Übereinstimmung stattfindet.

Die salpetrige Säure innerhalb der Atmosphäre oxydirt sich leicht zu Salpetersäure. Will man sie in der Luft quantitativ bestimmen, so läfst man ein gemessenes Luftvolumen durch alkalisch gemachtes Wasser streichen. Am besten weist man sie gleichfalls im Regenwasser nach. Zu diesem Zwecke entfernt man durch Oxydation mittelst Braunstein und Schwefelsäure die organischen Stoffe und ermittelt den Gehalt an Salpetersäure durch eine titrirte Eisenoxydullösung.

Der Gehalt der Luft an Salpetersäure beträgt nach den Beobachtungen in Montsouris 2—6 mgrm pro 100 cbm Luft.

	mgrm Salpetersäure
Barral fand im Regenwasser pro Liter	1,84—36,33
Binau[58]) fand pro Liter Regenwasser im	
Winter	0,3
Frühling	1,0
Sommer	2,0
Herbst	1,0
Boussingault[59]) fand im Durchschnitt im Liter Regenwasser	0,2
Robierre[60]) fand als Jahresdurchschnitt:	
a) Regenwasser gesammelt in einer Höhe von 47 m pro Liter . .	2,309—15,520
b) Regenwasser gesammelt in einer Höhe von 7 m pro Liter . . .	1,813—16,000

Die auf den nachstehend verzeichneten landwirtschaftlichen Versuchsstationen in den Jahren 1864—1866 angestellten Beobachtungen ergaben im Mittel nachstehende Resultate[61]):

	mgrm in 1 Liter Regenwasser
Kuschen	0,72
Insterburg . . .	1,72
Regenwalde . .	2,87
Proskau	6,18
Ida Marienhütte .	0,85
Lauersfort . . .	1,01
Eldena	2,99
Dahme	1,33

---

58) Jahresber. d. Chem. 1854, p. 757.
59) Jahresber. d. Chem. 1858, p. 103.
60) Jahresber. d. Chem. 1864, p. 126.
61) Ann. d. Landw. 48, p. 97; 51, p. 223.

Göppelsröder[62]) fand im Winter pro Liter Regenwasser 0,08—13,6 mgrm Salpetersäure. Der Verfasser fand in Brandenburg a. H. im Mittel von 48 Proben pro Liter Regenwasser 2,42 mgrm Salpetersäure.

Untersuchung des atmosphärischen Staubes.

Außer den bis jetzt angeführten Bestandteilen enthält die Luft noch staubförmige Stoffe und unter diesen sind es die mikroskopischen Organismen, die unser Interesse speziell in Anspruch nehmen. Um die Staubmenge zu bestimmen,



Fig. 9.

leitet man ein gemessenes Volumen der zu untersuchenden Luft durch eine mit destillirtem Wasser gefüllte U förmige Röhre, dampft das Wasser ab und wägt den Rückstand.

Zur Untersuchung der Luft auf Organismen dient der von Hesse[63]) (Fig. 9*) konstruirte Apparat.

---

[62]) Zeitschr. f. analyt. Chem. 10, p. 259; 11, p. 16.
[63]) Mitt. a. d. K. Gesundheitsamte Bd. II, 1884, p. 182.
*) Zu beziehen von Dr. Rob. Müncke in Berlin W., kompl. für ℳ. 37,75.

Die 50 cm lange und 3 cm weite, an beiden Enden offne Glasröhre verschliefst man an dem einen Ende mit einer Gummikappe, die in der Mitte mit einer kleinen Öffnung versehen ist. Diese Gummikappe überzieht man mit einer zweiten undurchlochten Gummikappe, während man das andere Ende mit einen Kautschukpfropfen, in welchem sich eine kleine, mit Watte verstopfte Röhre von 10 mm Weite befindet, versieht. Nachdem die so verschlossene Röhre ca. 1 Stunde lang den Dämpfen im Sterilisirungsapparat ausgesetzt worden ist, füllt man unter Entfernen des Kautschukpfropfens so viel sterilisirte 5—10 % Nährgelatine ein, dafs bei horizontaler Lage der Boden der Röhre damit bedeckt ist, verschliefst wieder und sterilisirt nochmals ca. 1 Stunde.

Hierauf bringt man die Röhre in horizontaler Lage in den Halter des Gestells und läfst die Gelatine vollständig erstarren. Ist die Erstarrung erfolgt, so verbindet man die Röhre bei *n* mit dem am Gestell befindlichen Aspirator, entfernt die undurchlochte Gummiplatte bei *m* und saugt mittelst des Aspirators langsam Luft durch die Röhre, Nach Beendigung des Versuchs wird die undurchlochte Gummiplatte wieder aufgesetzt und der Aspirator entfernt. Die Keime auf dem Nährgelatineboden läfst man nun bei geeigneter Temperatur sich entwickeln.

Tissandier[64]) in Paris fand im Mittel in 1 cbm Luft 0,0075 grm, nach achttägiger Trockenheit 0,0230, nach starkem Regen 0,0060 grm Staub. Derselbe enthielt 27—34 % verbrennliche und 66—75 % mineralische Substanzen.

Fodor[65]) fand im Mittel 0,4 mgrm Staub im Kubikmeter Luft und zwar:

1878	Herbst . .	0,43
1879	Winter . .	0,24
„	Frühling . .	0,35
„	Sommer . .	0,55
„	Herbst . .	0,43

Nach ihm ist die Menge des atmosphärischen Staubes im Winter und Frühling am gerinsten, im Sommer und Herbst am gröfsten. Unter 646 Beobachtungstagen[66]) traf er an 522 Tagen in dem Züchtapparate Bakterien an und zwar

[64]) Compt. rend. 1880, 91, p. 522.
[65]) Fodor, Luft, Boden und Wasser 1881, p. 94—95.
[66]) ibid. p. 116.

an	227	Tagen	Sphärobakterien
„	440	„	Mikrobakterien
„	94	„	Desmobakterien
„	29	„	Spirobakterien
„	171	„	Schimmelpilze
„	48	„	Sarcine
„	124	„	keine Bakterien.

Er impfte ferner[67]) die aus dem atmosphärischen Staub gezüchteten Desmobakterien und ihre Sporen Kaninchen ein. Die Infektion war eine so heftige, daſs die Versuchstiere kurze Zeit darauf starben.

Zu Montsouris fand man im Liter Luft 28 Sporen; nach starkem Regenfall 95—120.

Freudenreich[68]) machte im Sommer 1883 und 1884 über das Vorkommen von Organismen in der Luft hoher Gegenden eine Reihe interessanter Beobachtungen.

So fand er in der Luft vom Strahlegg-Paſs, zwischen dem untern Grindelwalde und dem Aargletscher (3200 m Höhe), ferner vom Fuſs der Eiger, etwas oberhalb des kleinen Scheidegg (2100 m Höhe) und von Schilthorn (2972 m Höhe) weder eine Bakterie noch einen Schimmelpilz. Auf dem Aletschgletscher etwa in 3000 m Höhe fand er in 2000 Liter Luft 2 Bakterien, 1 Schimmelpilz und 1 Torulace. Auf dem Theodul (3340 m Höhe) in 3 cbm Luft nur eine einzige Bakterie, während er in der Luft von Bern in einem Kubikmeter unzählige Mikroorganismen vorfand.

Hieraus geht hervor, daſs die Luft hoher Gegenden eine auſserordentliche Reinheit besitzt.

Wie sehr lokale Verunreinigungen zur Vermehrung der Mikroorganismen in der Luft beitragen, geht aus folgenden, von mir gemachten Beobachtungen hervor:

a) Ich fand in Brandenburg a. H. bei Untersuchung der Luft in den nachstehend verzeichneten Straſsen entwickelungsfähige Mikroorganismen:

		I.	II.	III.
Promenade	pro 10 l Luft . .	3	8	4
Steinstraſse	„ „ „ . .	7	5	9
Gr. Gartenstraſse	„ „ „ . .	17	12	15
Kurstraſse	„ „ „ . .	23	14	18
Neust. Heidestraſse	„ „ „ . .	37	43	32

[67]) ibid. p. 127—128.

[68]) Arch. des sciences physiques et naturelles, Ser. 3, T. XII, 1884, p. 365. — Naturforscher, XVIII. Jahrg., No. 3, p. 26. — Repert. f. analyt. Chem., V. Jahrg., No. 5, p. 83.

In der That lassen auch die letztgenannten 3 Strafsen in sanitärer Beziehung sehr viel zu wünschen übrig.

b) In der Luft über zwei durch Abfallwässer verunreinigten und meistenteils stagnirenden Gräben, von denen der nachstehend verzeichnete Jakobsgraben geradezu luftverpestend wirkt, fand ich:

	I.	II.	III.
Jakobsgraben pro 10 l Luft . . .	112	73	87
Kuhgraben „ „ „ . . .	59	78	62
c) In der Luft aufserhalb Brandenburgs (ca. 1 Stunde von der Stadt entfernt) fand ich pro 10 l Luft	4	7	11

In einer in kurzem von mir erscheinenden Schrift werde ich hierüber ausführlicher berichten.

Durch die unaufhaltsam fortschreitende Wissenschaft sind wir zu der Erkenntnis gelangt, dafs die Gährung und Fäulnis verursachenden Mikroorganismen durch die Luft sich fortpflanzen, es erscheint daher nicht zu gewagt und hat viele Beweismomente für sich, hauptsächlich die Luft als Träger und Verbreiter der Ansteckungstoffe anzusehen.